

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-191281

(43)Date of publication of application : 08.08.1988

(51)Int.Cl.

G06F 15/62

(21)Application number : 62-023764

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 04.02.1987

(72)Inventor : ITO MINORU  
ISHII AKIRA

## (54) SPATIAL PATTERN CODING METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To ensure the high density, the high stability and the high reliability of measurement just with a single time of projection, by using a grating plate pattern structure containing three gradations.

CONSTITUTION: A pattern original picture contains three variable density gradations, i.e., white, black and gray which are shown as 2, 0 and 1 respectively. When the gradations of three colors R, G and B are used, these R, G and B correspond to 2, 1 and 0 respectively. These gradations are arranged so that they are not adjacent to each other excluding the corner parts. A point P0 in the diagram shows a corner part of each gradation area and also an intersecting point of edges. Then the point P0 is enclosed clockwise by the gradation areas of 2, 1, 0 and 1. In this connection, the corner part or the edge intersecting point of the gradation areas is defined as the feature point like the point P0 and named a node. A primary node of the node is shown in a ternary 4-digit form by means of the surrounding gradations. Thus many feature codes are obtained just by projecting once a pattern of at least three gradations.

	2	0	2	1	0	2
1	2	1	0	2	1	
2	0	2	1	0	2	
0	2	1	0	2	1	
1	0	2	1	0	2	
0	2	1	0	2	1	

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2565885号

(45)発行日 平成8年(1996)12月18日

(24)登録日 平成8年(1996)10月3日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00			G 0 6 F 15/62	4 1 5
G 0 1 B 11/24	1 0 1		G 0 1 B 11/24	1 0 1
15/04			15/04	

発明の数1(全 9 頁)

(21)出願番号 特願昭62-23764

(22)出願日 昭和62年(1987)2月4日

(65)公開番号 特開昭63-191281

(43)公開日 昭和63年(1988)8月8日

審判番号 平7-7476

(73)特許権者 999999999

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号

(72)発明者 伊藤 稔

武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信

電話株式会社電子機構技術研究所内

(72)発明者 石井 明

武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信

電話株式会社電子機構技術研究所内

(74)代理人 弁理士 澤井 敬史

合議体

審判長 荻原 誠

審判官 斎藤 操

審判官 森 繁明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 空間パターンコード化方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 3値以上の濃淡、又は3色以上の色、又は濃淡と色の組み合わせによって3種類以上の階調領域を有し、該階調領域の境界線の交点において少なくとも3種類の階調領域が互いに接しているように配置した多値格子板パターンを具備し、該パターンを被測定対象物に投影して生じる投影像の交点に該交点で接する階調の種類と順序に応じた主コードを付与し、該主コードを、または前記交点の主コードとその周囲交点の主コードとを組み合わせた組み合わせコードを、前記交点の識別用の特徴コードとして付与したことを特徴とする空間パターンコード化方法。

【発明の詳細な説明】

(1) 発明の属する技術分野

本発明は、TVカメラを用いて物体表面の3次元形状を

計測するパターン投影法において、計測密度、信頼性、簡易性を高めるための空間パターンコード化方法に関するものである。

(2) 従来の技術

TVカメラを用い、物体の表面形状を非接触で3次元計測する方法として、スポット投影法、スリット投影法、およびパターン投影法がある。このうちパターン投影法は、一回の投影だけで多数点の計測を行うことができ、計測時間の短縮を図ることができる方法として有名である。

この方法は、パターン原画とパターン投影像とを一義的に対応付け、その結果から三角測量原理に基づき曲面の3次元距離分布を算出する方法であり、1枚の画像だけを用いる利点を有する代わりに、対応付けに工夫が必要である。

一義的な対応付けを行うには、構造化した投影パターンを用い、パターン中の各部分を識別するためのパターン内部の特徴付けが不可欠である。この特徴付けは、空間パターンコード化又は空間コード化と呼ばれる。以降簡単のためコード化と略称することとする。

このコード化は、さらにパターン形状コード化、階調コード化に分けられる。前者のパターン形状コード化として、スリット開口幅の分布によるものとM系列符号を利用したものが提案されているが、計測密度や計測の安定性に問題があり、実用性に乏しい。本願は後者の階調コード化に属するものである。

従来は、階調コード化として、濃淡階調によるものと色階調によるもののが考えられてきた。このうち濃淡階調によるものは、多くの階調をもつ空間パターンを投影することによって、パターン原画とパターン像との一義的な対応付けを可能としたコード化である。これは、原理的には優れた方法である。しかし、実際の画像では画像中の雑音、物体表面の反射率のばらつき、ぼけ等により、多くの階調を正しく識別することは困難であり、通常、3階調、多くてもせいぜい4ないし5階調程度が識別の限度と言われている。

濃淡階調の代わりに色階調を使った方法でも同様な問題があり、白色又は淡色系の様な表面といった理想的な非測定面を対象とする場合を除き、多くの階調を利用することができない。

このように、階調コード化の方法には識別できる階調数が少ないという問題があった。

階調コード化のもつ問題の解決策として、1本のスリットに縦方向の3色分布をもたせ、スリット長さ方向全体の色分布を使ってスリット番号を識別する方法が提案された。しかしこの方法はスリットが連続して、十分長く観測できていることが前提となっており、スリットが途中で切れていたり、色識別の誤りがある場合には、パターン原画とパターン像の対応を一義的に定められないということがあった。このため滑らかで、かつ、十分広い面の計測に限定された。

上記のパターンコード化の欠点をスリット投影法のもつ利点でカバーしようとした方法が、時系列コード化である。この方法は、複数スリットを1度に投影するのではなく、各時点で投影するスリットの組み合わせを予め用意し、時系列的に順次投影し、各スリットについて各時点のon-offをコードに書き表す方法であり、広義のパターン投影法に属し、時系列パターン投影法とも呼ばれる。この方法は、スリット番号の識別が容易である反面、多くの画像入力が必要である点で、パターン投影法の本来の利点を失ったものとなっている。すなわち、パターンを多数回投影するため、動きのある物体を計測対象とすることができないこと、又、画像処理を多数の画像に対して実行しなくてはならないので、計算機への負担が重くなること、処理に時間がかかること、投光系が

大がかりになることなどの欠点があった。

以上説明した様に、1回の投影だけでパターン原画とパターン像とを一義的に対応付け、高い密度で面の3次元形状を計測することが、従来は不可能であった。

### (3) 発明の目的

本発明は、パターン投影法において、1回の投影で高い計測密度と計測の高い安定性、信頼性を得るための空間パターンコード化方法を提供する。

### (4) 発明の構成

#### (4-1) 発明の特徴と従来技術との差異

本発明は、3種類以上の階調からなる格子板パターン構造を用いることを特徴とする。従来はパターンの特徴付けのために、パターン形状、濃淡階調、色階調を多く用意するか、又は複数スリットを時系列的に多数回投影する必要があったのに対して、本発明では、最低3階調のパターンを1回投影するだけで多くの特徴コードを作りだすパターン構造を提供している点が大きく異なる。

#### (4-2) 実施例

第1図は、本発明のパターン構造を説明する模式図である。

パターン原画は、白黒灰色の濃淡3階調を有し、図では白を2、黒を0、灰色を1として表示してある。RGB3色の階調を用いるときは、例えばRを2、Gを1、Bを0に対応させる。

各階調は、コーナー部分を除き隣接しないように配置されている。

図中の $P_0$ に注目すると、 $P_0$ は各階調領域のコーナー部分であり、かつ又エッジの交点であって、その左上の領域から右廻りに2,1,0,1の階調領域に囲まれている。そこで $P_0$ のように階調領域のコーナー部分又はエッジ交点を特徴点とし、特にノードと名付け、そのノードの主ノードを周囲階調を使って3進4桁の形で表すこととする。 $P_0$ の主コードは(2101)となる。同様に $P_1 \sim P_4$ はそれぞれ(1012), (1020), (1012), (0212)のコードをもつ。この様なコードは18種存在する。このことは18階調の点パターンを投影したことに相当する。

次にノード $P_0$ の最近接ノード $P_1 \sim P_4$ のもつ主コードをノード $P_0$ の補助コードとして与える。つまり $P_0$ の補助コードは、3進16桁(1012, 1020, 0212)となる。そこで、ノード $P_0$ の特徴コードを主コードと補助コードで表すと3進20桁となる。

桁数が多くなる煩雑さをさけるため、コードの種類が18種であることから4桁毎0,1,2の組合わせに応じてコード番号を付すと、ノードの特徴コードは18進5桁で表現できる。この様にして、特徴コードは1458種できる。すなわち1458階調のパターンを投影したことに等価となる。

以上説明したパターン構造は3値からなり、かつ格子板状に配列してあるので、3値格子板パターンと称することとする。3値に限らず4値以上とすれば等価階調数は

増大し、又、最近接ノードを4つに限らず例えば8つとすればさらに等価階調数が増大することは自明である。又、エッジは必ずしも直線である必要はない。

このパターンは、隣接格子板の階調が互いに異なるという条件のもとで、乱数を発生させて容易に作ることができる。実施例では、 $100 \times 100$ の3値格子板パターンをミニコンピュータVA $\times 11/780$ で発生させ、ディスプレイ装置に表示すると共に、ビデオプリンタでパターン原板を作成した。

第2図は、第1の実施例であり、パターン原画をスライドプロジェクタで物体に投影したときの投影パターン像の例を部分的に模写したものである。カメラはCCDカメラを用い、カメラ-物体間距離約1m、スライドプロジェクタと物体間距離約1.5mである。画像は3階調から成っており、格子板各領域のエッジのみ図に記した。

第3図は、全体の処理の流れを示したフローチャートである。1で3値化のための識別しきい値を求め、2で各画素毎に、階調に応じて0,1又は2の値で書き直す。

3では、各格子板領域のコーナーすなわちエッジ交点をノードとして抽出する。

4では、抽出したノードを囲む階調分布に応じて、18種類のコード番号のうちの1つを主コードとして付与する。

5では最近接4ノードの主コード番号4つを補助コードとして付与する。但し、隣接ノードの1部が求まらなかった場合にはそのコード番号には0をつける。

6ではノード識別、コード番号の結果をテーブルに記録する。

第4図は、パターン原画とパターン像の対応付け処理の流れを示すフローチャートである。第3図におけるノード、コード識別結果を記録したパターン原画とパターン像用2枚のテーブルを使う。簡単のためパターン原画のテーブルをテーブルA、パターン像のテーブルをテーブルBと呼ぶこととする。

7では、テーブルAの各ノードに対し、テーブルBの各ノードの主コードを調べ、同じ主コードとなっているノードを探索する。

次に、8においてそのノードと、パターン原板とカメラとの幾何学的相対関係により定まる射影直線との距離を算出する。正しい対応点はこの射影直線上にあることは射影幾何学から自明である。算出された距離が予め定めた距離（通常3画素分）以内かどうかを9で調べ、もしもOKであれば10において、補助コードを比較し、11において、コード番号0を含まずかつ一致する場合には12において対応ノードと決定する。ここで決定できなかった場合には、13にて0を除き補助コードが一致すれば、14で対応ノードの候補として登録しておく。同じテーブルB内の他のノードにおいても調べ、対応ノードと決定できず対応ノード候補となるものが複数存在する場合には、一致する補助コードの数が多いノードを対応ノードとす

る。

以上の処理をテーブルAの各ノードに対して行う。なお図中④は、対応ノードでないと判断し次の対応ノード候補を探索することを表す。

第5図は第2の実施例で、カメラ及び投光系の配置を示す。21は3値格子板パターンを投影するパターン投影器、22,23はカメラ、24は被測定物体である。

前記の第1の実施例（第2図～第4図）では、1台のカメラのパターン像をパターン原画と対応付けたが、この第2の実施例では、2台のカメラから得た2枚のパターン像間でノードの対応付けを行っている。対応付け処理手順については第1の実施例と同じである。

第6図は、3台のカメラを使った第3の実施例である。25は追加したカメラであり、3台のカメラは3角配置されている。3眼立体視の原理に基づき3枚の画像間でノードの対応付けを行う。

先ず2枚の画像間で対応ノードの候補を選択した上で、その対応候補の正誤判定を第3の画像を使って行う。

この方法では、特徴コードを主コードのみとすることができ、補助コードを求める手間を省けるメリットがある。又、画像の雑音が多い場合、見え隠れがある場合、ハイライト等がある場合、物体表面が不均一に汚れている場合等、特徴コードの読取り誤りが多く発生し易い測定条件では特に有効である。

第7図は、パターン投影による表面形状計測装置の実施例の細部構成を示したものである。21はパターン投影器であり、市販のスライドプロジェクタを使用している。32は3値格子板パターン原板、33は投影レンズ、34はランプ、22,23はカメラ、24は被測定物体、35は画像処理装置、36はフレームメモリ、37は画像3値化処理回路、38はノード検出回路、39は特徴コード識別回路、40はテーブルである。又、41はカメラ位置方位校正データメモリであり、計測前に予めカメラ校正をして記録しておく。又、42は対応処理装置、43は3次元位置算出回路、44は立体表示装置である。

階調は濃淡や色を使うことにより作ることができる。階調数は4値以上として特徴コードの種類を増やしても構わない。パターンの各格子板形状は必ずしも正方形でなくてもよく、長方形であっても、又、他の多角形であってもよい。又、必ずしも各格子板のエッジが直線だけでなく、曲線であっても構わない。

#### 計測データ例

3値格子板パターンをVA $\times 11/780$ ミニコンピュータで乱数を利用して発生し、モニターに表示した後、そのモニター像をスライド撮影した。このスライドパターンを市販のキャビン社製スライドプロジェクタを使って計測対象に投影した。

計測対象は約20cm $\times$ 20cmの鉄製白色半光沢塗装波状板であり、波形状は山谷の深さ3 $\sim$ 5mm-p（不均一分

布), 周期約30mmである。

一方, ソニー製CCDカメラ2台を約20cm離して置き, 固定した。レンズはTVカメラで一般に用いられている焦点距離16mmのものを使用した。

カメラの前方約80cmのところに空間座標系の基準となる基準マーク板を配置し, そのカメラ像から空間座標系における2台のカメラの位置, 方位を校正した。この校正方法は, 特願昭60-118756号(特開昭61-277012号公報)「カメラ位置姿勢校正方法とその装置」ですでに開示してある。又基準マーク板は特願昭60-118755号(特開昭61-277011号公報)「カメラ位置姿勢校正用マークデータ収集方法」で開示してある。

第8図は, 上述した波状板への投影パターン像の1例を示す。このパターン像に面の光反射率補正を施した後, ノード及びそれが持っている特徴コードを検出し, 次に特徴コードを使って画像間の対応付けを行い, 3次元位置を算出した。

第9図は, 処理結果を示す投影像であり, (a)は正面方向から見たもの, (b)は斜め方向から見たものである。識別ノード番号からノード, 隣接関係を得, 計測ノード点間を直接で結んで表示している。一部計測点の抜けを除き, 画像間の対応が正しく行われ, 位置が求まっている。

計測精度は, 基準座標系すなわち空間座標系で最大絶対精度0.1mm以内, 平均ばらつき誤差0.5mm以内, 最大ばらつき誤差2mmである。一部計測点が抜けてしまったのは, 主にパターン原板の不良により, ノード位置が正しく読めなかったり, 特徴コードを読み誤ったことによるものであり, 今後パターン原板の作成に留意すれば解決される。

以上示したように, パターン像間のノード対応は, 対応もれを除き100%正しく行われ, 信頼性が高い。又対応もれはパターン原板の不良や面の光沢による強いハイライトがある場合に生じ得るが, これにより他のノードの対応に誤りを発生させることがない。この様に, 本手法の利点を実験によっても確認された。

#### (5) 発明の効果

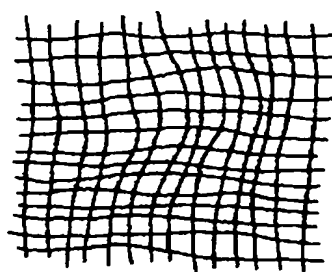
以上説明したように, 本願のパターンコード化方法では, 3値以上の階調をもつ格子板パターンを使い, 格子板のコーナーすなわちエッジ交点を特徴点(ノード)とし, それを囲む階調分布によりノードの主コードを与え, かつ隣接するノードの主コードを補助コードとする特徴コード化であるから, 少ない階調パターンで多くの特徴コードを作ることができ, たとえば主コードだけを特徴コードとしても18個のコードができる。隣接するノードを使ってさらに補助コードを増やすと, 特徴コードを容易に増大できる。

このため, パターン投影法におけるパターン原画として用いると, パターン原画とパターン像又はパターン像間の対応を一義的に決定することができ, 安定した密度の高い計測が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

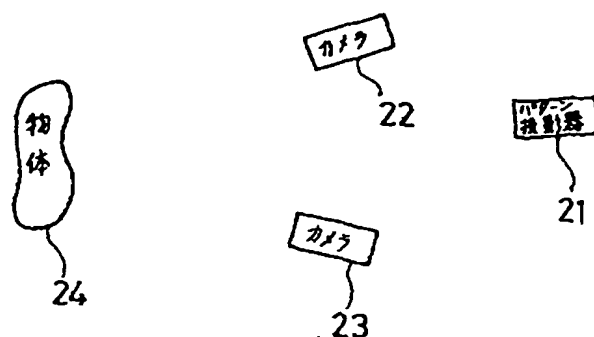
第1図は本発明のパターン構造を説明する模式図, 第2図は第1の実施例であり, 投影パターン像の例を部分的に示した図, 第3図は全体の処理の流れを示したフローチャート, 第4図は対応付け処理の流れを示すフローチャート, 第5図はカメラ2台を用いた第2の実施例のカメラと投光系の配置を示す図, 第6図はカメラ3台を用いた第3の実施例のカメラと投光系の配置を示す図, 第7図はパターン投影による表面形状計測装置の実施例構成を示す図, 第8図は波状板への投影パターン像の例を示すオシロ波状の写真, 第9図は処理結果を示す投影像のオシロ波状の写真であり, (a)は正面方向から見たもの, (b)は斜め方向から見たものである。第3図ないし第7図中, 1~14……フローチャートの各処理, 21……パターン投影器, 22, 23, 25……カメラ, 24……被測定物体, 32……3値格子板パターン原板, 33……投影レンズ, 34……ランプ, 35……画像処理装置, 36……フレームメモリ, 37……画像3値化処理回路, 38……ノード検出回路, 39……特徴コード識別回路, 40……テーブル, 41……カメラ位置方位校正データメモリ, 42……対応処理装置, 43……3次元位置算出回路, 44……立体表示装置。

【第2図】



投影パターン像の例

【第5図】



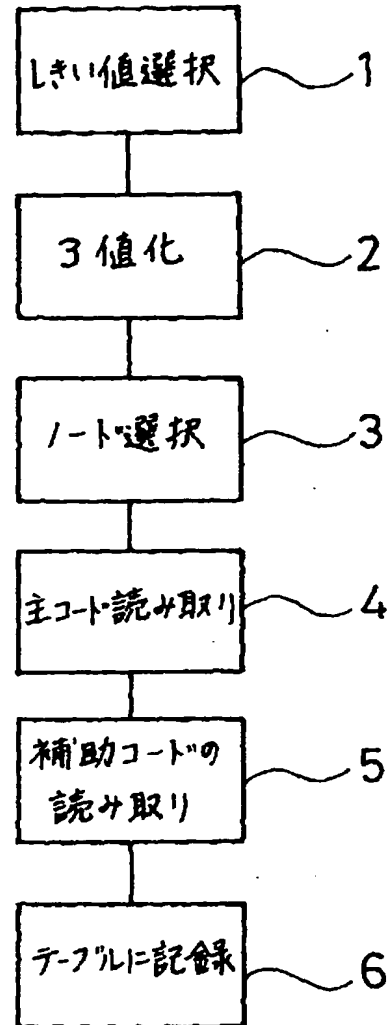
第2の実施例のカメラと投光系の配置

【第1図】

	2	0	2	1	0	2	
	1	2	1	0	2	1	
	2	0	2	$P_1$	0	2	
	0	2	$P_1$	$P_0$	$P_2$	1	
	1	0	2	$P_1$	0	2	
	0	2	1	0	2	1	

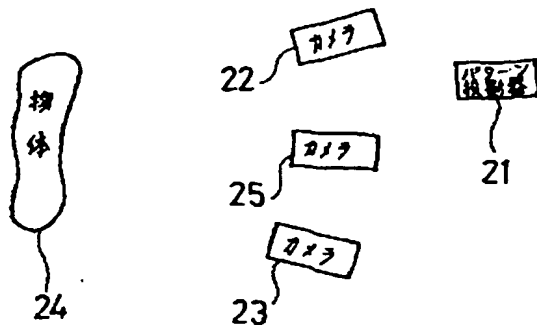
本発明のハザード構造

【第3図】



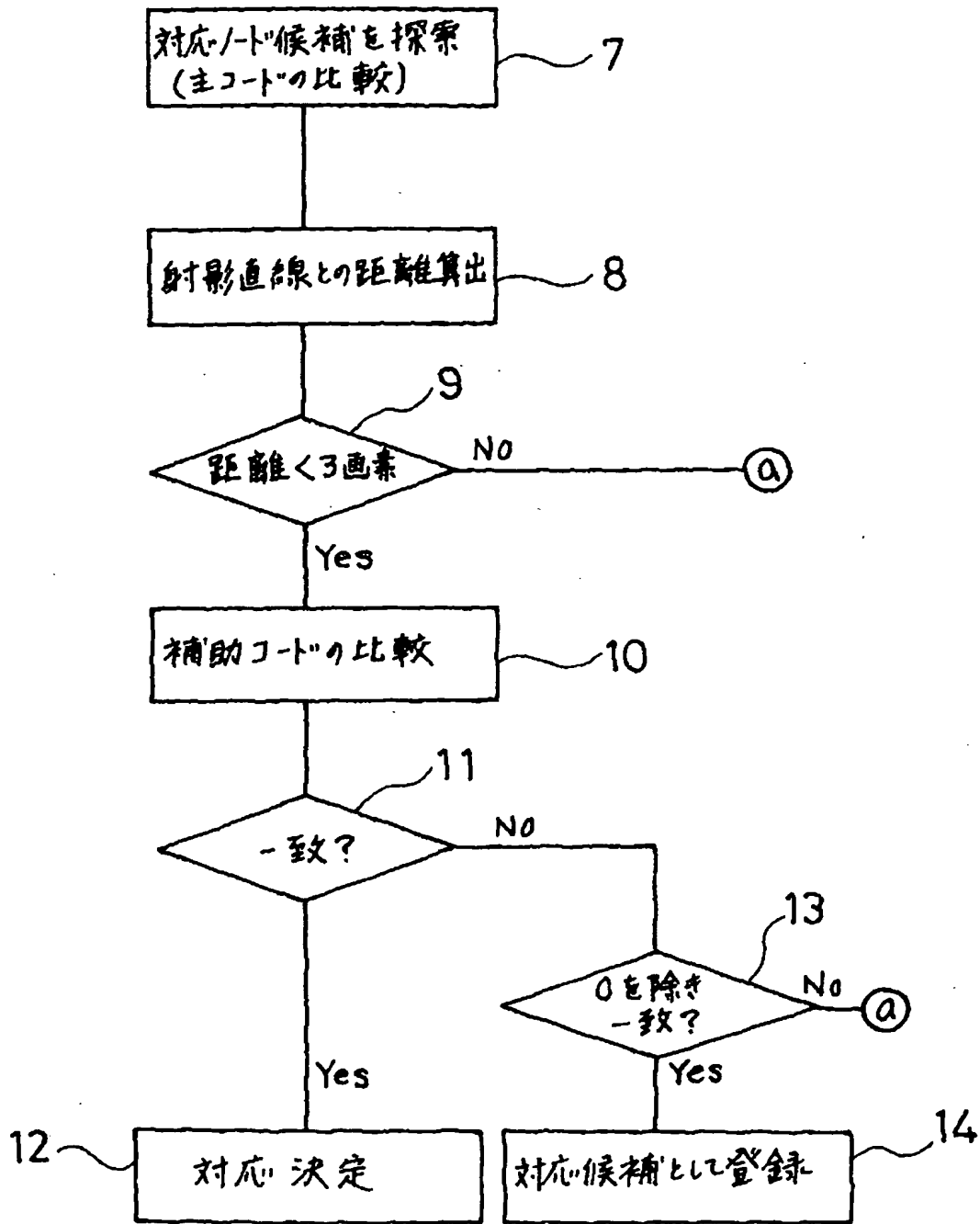
全体の処理の流れ

【第6図】



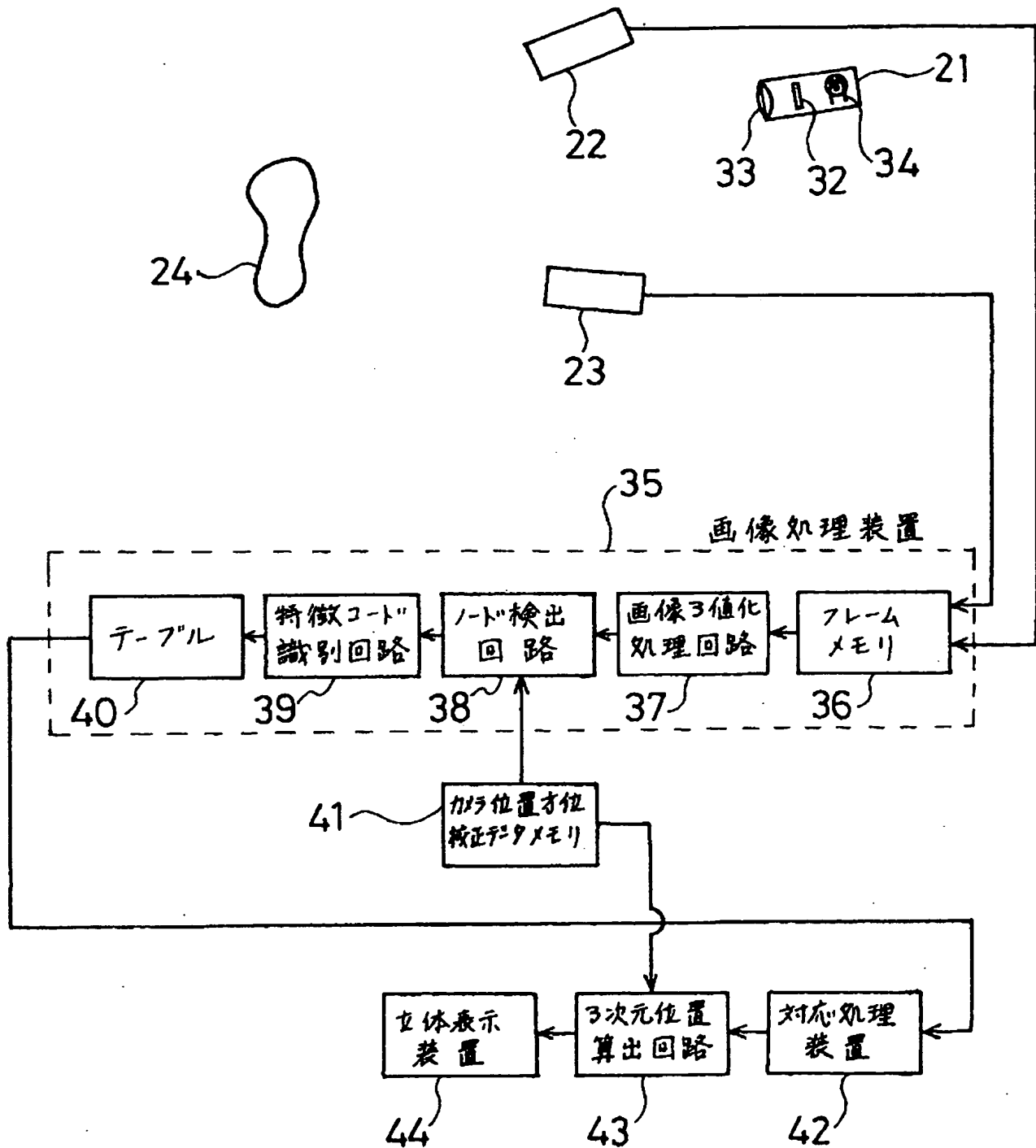
第3の実施例のカメラと投影機の配置

【第4図】



対応付け処理の流れ

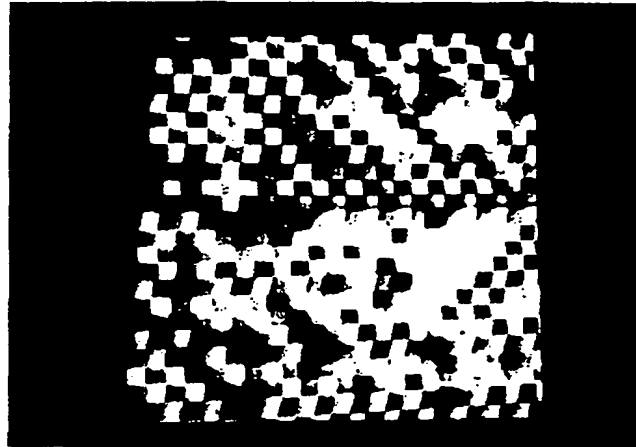
【第7図】



パターン投影による表面形状計測装置の実施例構成

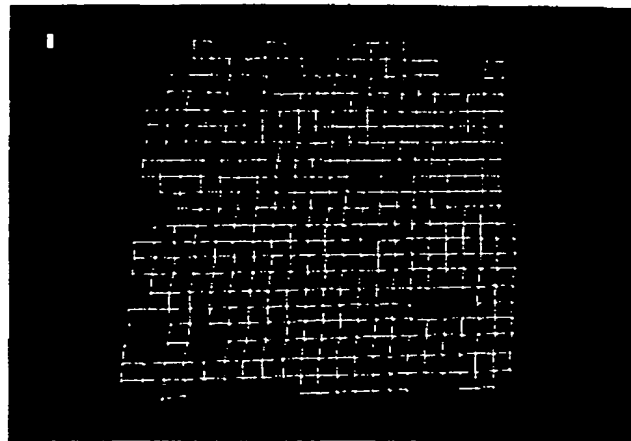


【第 8 図】



波状板への  
投影パターン  
像の例

【第 9 図】



(a)



(b)

処理結果の  
投影像

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 昭60-126775 (J P, A)  
特開 昭61-277012 (J P, A)  
特開 昭61-277011 (J P, A)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**